№ 10. Warszawa, 25 października 1935 r. Rok XIII

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 12. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE: ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

KAZIMIERZ SZAWŁOWSKI, Inż. — Poznań.

SPALANIE W PALENISKACH RUSZTOWYCH KOTŁÓW PAROWYCH.

Zagadnienie spalania w paleniskach kotłowych objęło w ostatnich latach liczne prace naukowe oparte na ścisłych badaniach chemicznych i fizykalnych, które wyjaśniły wiele zjawisk, jeszcze doniedawna okrytych tajemnicą.

W niniejszym artykule podaję w głównych zarysach wyniki tych badań i wpływ ich na budowę palenisk rusztowych.

Badania cieplne przebiegów spalania w paleniskach kotłowych obejmują chemiczne przemiany zachodzące podczas procesu utleniania oraz fizykalne zjawiska, które towarzyszą tym przemianom. Trzeba zaznaczyć, iż analizy chemiczne węgla, czy też spalin, dają jedynie możność określenia skutków spalania; dla zorjentowania się w przyczynach, które wpływają na przebieg procesu, musimy mieć na uwadze fizykalne zjawiska, zależne od skomplikowanych ruchów gazów i powietrza. Zjawiska te zależą od gatunku węgla i ogólnej konstrukcji paleniska.

W kwalifikacji różnych gatunków węgla dla palenisk kotłowych uwzględniamy:

1) sortyment (kostka, orzech, groszek, miał),
2) wartość opałową,
3) zawartość części lotnych (gazów),
4) „ wilgoci i popiołu,
5) skład chemiczny elementarny.

W wyborze decydują prócz tego:

6) zachowanie się popiołu w temperaturach paleniska i koksu po odgazowaniu części lotnych,
7) cena węgla.

Każdy gatunek wymaga odmiennej budowy rusztu i komory ogniowej paleniska, gdyż inaczej zachowuje się on i w okresie poprzedzającym spalanie i podczas samego spalania. Wszystkie węgle zarzucane na ruszt ulegają jednakowej kolejności poszczególnych procesów aż do zupełnego spalenia; czas trwania tych procesów jest jednak różny i zależny od czynników, charakteryzujących gatunek węgla.

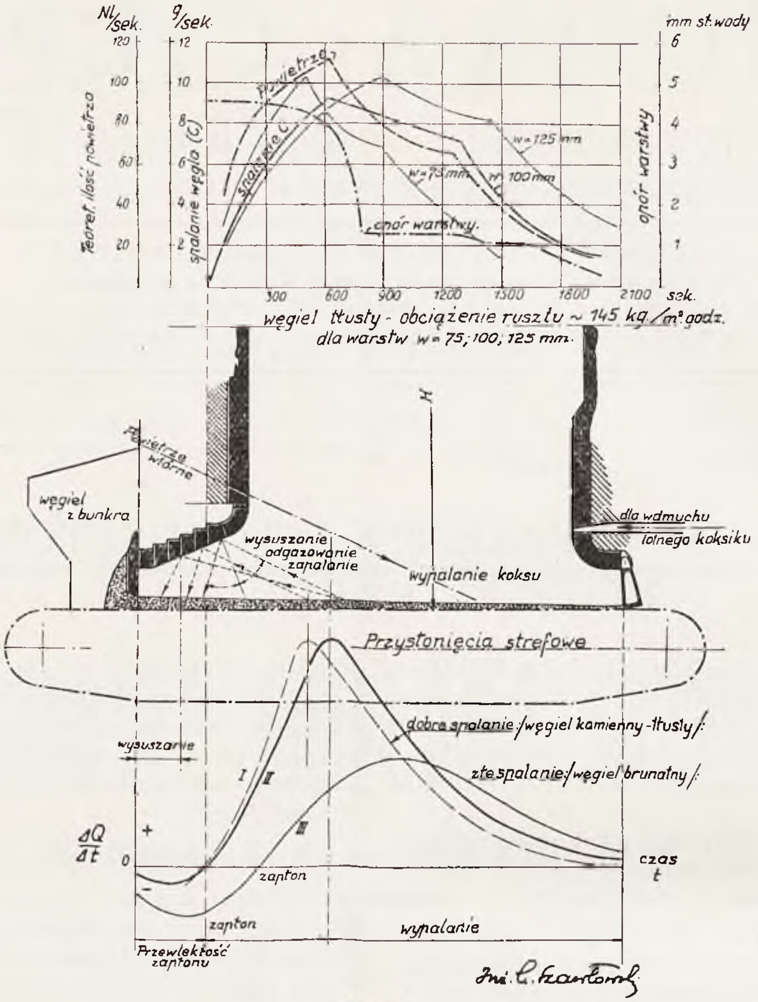
Zajmiemy się chemiczną stroną spalania.

Zanim węgiel ulegnie zapaleniu musi uzyskać ciepło na odparowanie wilgoci i odgazowanie części lotnych. Okres wysuszania węgla zależy od zawartości wilgoci i o ile dla węgla kamiennego jest krótki, to dla węgli brunatnych, posiadających nieraz znaczne zawartości wody ($\sim 60\%$) bywa znacznie dłuższy. Pierwszy okres jest więc endotermiczny i wymaga obecności postronnych źródeł ciepła, któremi są w paleniskach promieniujące ściany wzgl. sklepienia komory ogniowej albo promieniujące warstwy gazów. Zapalenie następuje wówczas, kiedy węgiel przestaje odbierać ciepło wzgl. gdy istnieje nadmiar ciepła. Okres od zarzucenia aż do zapalenia zwiemy okresem przewlekłości zapłonu (rys. 1).

Z chwilą zapalenia się najłatwiej palnych części składowych węgla następuje wydzielanie i szybki przyrost ciepła, który po pewnym czasie osiąga największą wartość. W dalszym ciągu przyrosty ciepła zmniejszają się w miarę wypalania się warstwy.

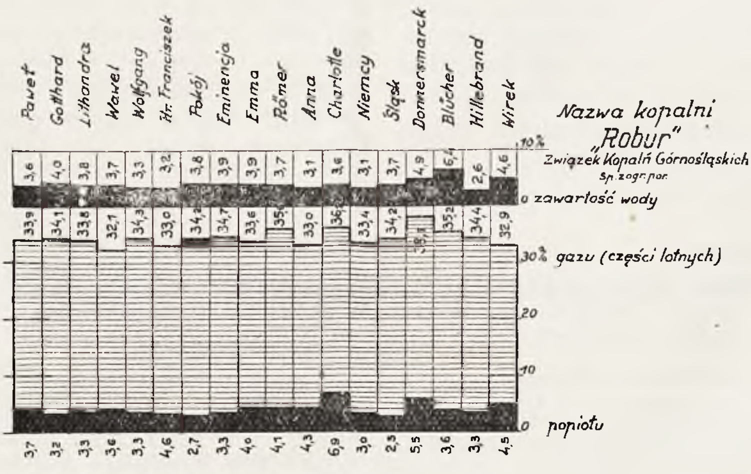
Miarą dobroci spalania jest szybkość, z jaką osiąga się największe przyrosty ciepła. Z wykresu widzimy, iż te szybkości są dla różnych gatunków węgla odmienne i zależą od ilości części lotnych oraz od warunków doprowadzania powietrza.

Najsłabszemi okresami przebiegu spalania są początek i zakończenie procesu.



Rys. 1

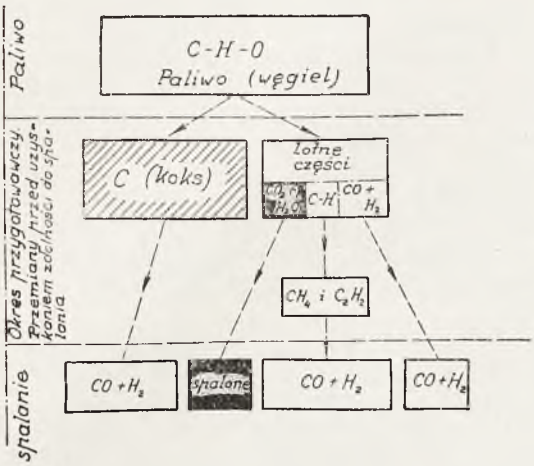
Możemy stworzyć pewną analogję między pracą tłokowego silnika spalinowego a spalaniem na ruszcie. I w jednym i w drugim wypadku obydwa okresy warunkują szybkość wywiązywania się ciepła, która w silnikach spalinowych wpływa na liczbę obrotów a w palenisku kotłowem na elastyczność w dostosowaniu się do chwilowych obciążeń powierzchni.



Rys. 2

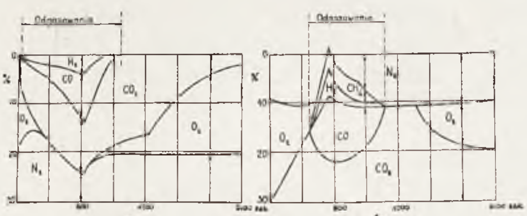
Części lotne (gazy) w węglu kamiennym — o chemicznym składzie ($C—H$, $C—H—O$) występują w 5—45% wagowych czystego węgla

t. z. bez zawartości popiołu i wilgoci. Ilość części lotnych zależy od wieku węgla. Węgle brunatne zawierają ich 45 — 60 %, zaś antracyty zaledwie 5—12 %. Rys. 2 podaje zawartość części lotnych, popiołu i wilgoci węgli górnośląskich koncernu „Robur".



Rys. 3

Najpierw zostają odgazowane ciężkie węglowodory, które najprędzej zapalają się (~ 400°C), a które dla zupełnego spalania wymagają najdłuższego czasu, gdyż ulegają ciągłemu rozkładowi. Ciężkie węglowodory o budowie pierścieniowej — aromatyczne —



Rys. 4

spalając się tracą wolny węgiel (C) i przechodzą w związki lżejsze — CH_4, $C_2 H_2$ . . . . $C_n H_{2n}$, które mają wyższe temperatury zapłonu i które podczas utleniania się przechodzą w dalszym ciągu pośrednio w CO i H_2. Bardzo przejrzyście przedstawia te przemiany schematyczny wykres Aufhäusera (rys. 3). Rozkład poszczególnych gazów dla węgla kamiennego, tłustego, na ruszcie, widzimy na rys. 4, według badań Werkmeistera.

Procesy spalania lekkich węglowodorów są bardzo skomplikowane. Utlenianie tlenku węgla na CO_2 wymaga obecności wilgoci podczas reakcji. Już Dixon w roku 1884 stwierdził, iż suchą mieszankę tlenku węgla z tlenem trudno zapalić i że wystarczy obecność małej ilości pary wodnej w mieszance, by zapłon nastąpił natychmiast.

Według Wartenberga i Siega tlenek węgla spala się następująco:

$$CO + H_2O = HCOOH$$
$$HCOOH = CO_2 + H_2$$
$$H_2 + O_2 = H_2\,O_2$$
$$H_2\,O_2 = H_2\,O + \frac{1}{2}\,O_2$$

Obecność kwasu mrówczanego $HCOOH$ w reakcji tlenku węgla wykrył Wieland.

Wszystkie węglowodory lekkie np. metan, acetylen, etylen i t. p. podczas utlenienia się, zanim zamienią się na CO_2 i H_2O przechodzą na tlenek węgla i wodór. Oczywiście, pośrednie związki chemiczne znikają natychmiast.

Według Bona i Wehlera metan utlenia się następująco:

$$CH_4 + O_2 = CH_2O + H_2O$$
$$CH_2O + O_2 = CO_2 + H_2O$$
$$2\,CH_2O + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2O$$
$$\rightarrow \ldots\ldots$$

acetylen:

$$C_2H_2 + O_2 = 2\,CO + H_2$$
$$H_2 + O_2 = \ldots\ldots$$
$$CO + H_2O = \ldots\ldots$$

etylen:

$$C_2H_4 + O_2 = 2\,CO + 2\,H_2$$
$$H_2 + O_2 = \ldots\ldots$$
$$CO + H_2O = \ldots\ldots$$

Dla spalania ważne są temperatury zapłonu tych gazów oraz ich mieszanki z powietrzem, które wogóle umożliwiają zapalanie t. z. zakresy eksplozyjne mieszanek. Najwyższą temperaturę zapłonu wykazuje metan, bo około 650—750°C; posiada on też najmniejszy zakres eksplozyjny. Ponieważ ma również małą szybkość zapalania się i jest dwa razy lżejszy od gazów komory ogniowej, ma skłonność posuwania się w górę i może niespalony uchodzić do dalszych przelotów spalinowych, powodując poważne straty (1 % CH_4 zmniejsza absolutną sprawność o 13 — 19% zależnie od nadwyżki powietrza). Najszybciej spala się wodór. Jeżeli komora ogniowa jest za mała, wzgl. czas pozostawania gazów w komorze jest krótki, ciężkie węglowodory nie mogą ulec przemianie na lżejsze i wówczas wolny węgiel (C) jako sadza oraz tlenek węgla i wodór dostają się również do dalszych przelotów. Strata w absolut. sprawności wskutek niespalonych CO i H_2 może być znaczna (1% CO lub H_2 zmniejsza ją o 4—6 %).

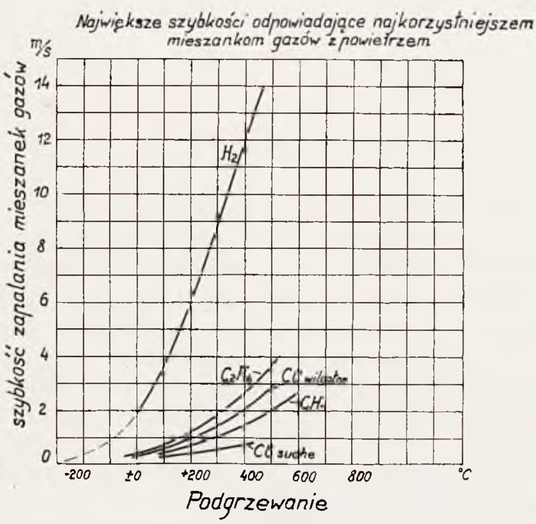
W procesie utleniania para wodna (H_2O) działa katalitycznie. Trzeba mieć na uwadze, iż jednostka wagowa wodoru wymaga do spalenia trzy razy więcej tlenu niż taka jednostka węgla; trzeba więc pamiętać o odpowiedniem doprowadzaniu powietrza.

W tabl. I podane są temperatury zapłonu i zakresy eksplozyjne mieszanek najważniejszych gazów.

TABLICA I.

GAZ	Znak. chem.	Temperatura zapłonu °C	Zakresy eksploz. mieszanek. Ilość gazu na 100 % powietrza (objętościowo)
Wodór	H_2	585	12,5 — 67
Tlenek węgla .	CO	651	12,5 — 67
Acetylen . . .	C_2H_2	429	3,5 — 52
Etylen	C_2H_4	543	4 — 19,5
Metan	CH_4	650—750	6 — 13

Wartości podane w tabeli odnoszą się do temperatury otoczenia. Według Passauera (rys. 5) wymienione gazy mają różne szyb-



Rys. 5

kości zapalania się i to zależnie od temperatury podgrzania mieszanek. Z wykresów widzimy, iż szybkości zapalania mieszanek suchego tlenku węgla są najmniejsze. Passauer na podstawie doświadczeń twierdzi, iż wszystkie gazy w temperaturach powyżej 800°C zapalają się w każdym składzie z powietrzem; czyli posiadaja zakresy eksplozyjne mieszanek od 0 — 100 %.

Przytoczone krótko chemiczne procesy spalania pozwalają wysnuć cenne uwagi dla budowy i ruchu paleniska kotłowego. Okres odgazowania wymaga obecności źródeł ciepła, zaś dla przeprowadzenia reakcji utleniania węglowodorów konieczne jest podgrzewanie powietrza, które należy doprowadzać do komory ogniowej w miejsce, gdzie wskutek oporu rusztu istnieje niedobór. Na wykresie (rys. 4) widzimy największy niedobór powietrza w 1/3 długości rusztu licząc od miejsca zasilania. Reakcja wymaga czasu i należytej koncentracji tlenu z powietrza, co znów łączy się z problemem fizykalnym tworzenia wirów w komorze ogniowej — o czem będzie mowa w dalszym ciągu. Należy jeszcze zaznaczyć, iż ośrodki wysokich temperatur w palenisku tworzą się ze spalania lekkich węglowodorów. Najwyższa temperatura warstwy rusztu bez strefowego doprowadzania powietrza, znajduje się na 1/2 do 2/3 długości rusztu.

Zajmiemy się obecnie procesem utleniania węgla na ruszcie. W miarę odgazowywania węgla na ruszcie pozostaje koks z domieszką części mineralnych t. j. popiołu. Dla procesu utleniania decydujący jest sortyment węgla oraz właściwości odgazowanego koksu na ruszcie. Rosin i Kayser badali przebieg reakcji utleniania węgla na modelach brył soli rozpuszczającej się w prądzie przepływającej wody. Wiadomo bowiem, iż spalanie węgla jest reakcją powierzchniową, której szybkość zależy od zdolności reakcyjnej węgla oraz warunków doprowadzania tlenu z powietrza. Ażeby więc coraz nowe części paliwa wchodziły w reakcję z tlenem powietrza, potrzebne są ruchy względne powietrza wobec tych powierzchni i odwrotnie. Fehling i Kayser wprowadzili pojęcie t. zw. wartościowości powierzchniowej paliwa, która określa wpływ wielkości brył paliwa na skuteczny spadek koncentracji tlenu i wpływ kształtu tych brył na tworzenie wirów. Oczywiście przepływ powietrza przez ruszt zależny jest od grubości warstwy zarzuconej na ruszt i oporu przy przejściu wolnych przekrojów rusztu, który wyrażamy wzorem Blasiusa:

$$\frac{\Delta p}{l} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

Spadek ciśnienia $\frac{\Delta p}{l}$ jest proporcjonalny do gęstości ρ przepływającego powietrza, do kwadratu szybkości i cyfry oporowej λ — a odwrotnie do szerokości kanału d wolnego przekroju; l oznacza długość kanału.

Czas reakcji zmniejsza się dla wzrastających szybkości względnych przepływu, przyczem należy mieć na uwadze, iż dwukrotne zwiększenie szybkości nie skraca o połowę czasu reakcji, gdyż ta odbywa się wolniej. Dla bryły węgla (kostki) o długości boku 2 *mm* t. z. stosunku objętości do powierzchni = = 0,335 zdwojona szybkość przepływu skraca

czas reakcji do 0,68 pierwotnej a nie 0,5; dla bryły o długości boku 6 *mm* t. j. $V:F=1$, czas reakcji jest krótszy o 30% pierwotnego t. z. wynosi 0,7; czyli stąd wniosek, iż zasadniczo reakcje przebiegają niezależnie od stosunku objętości do powierzchni i zależą jedynie od szybkości przepływu powietrza i wielkości oraz ilości największych brył a nie od średnich zasypu, jak to przedtem przyjmowano. Stosunek największych brył do najmniejszych danego sortymentu nazywamy stopniem klasyfikacji węgla. Otóż np. jeżeli będziemy mieli węgiel o wielkości ziarn 7 — 10 *mm* (stop. klasyfik. = 0,7), to ten będzie wymagać dla reakcji 220 sek.; inny węgiel o wielkości ziarn 3 — 5 *mm* (st. klasyf. = = 0,6) czas krótszy, bo wszystkiego 80 sek., a więc niezależnie od stopnia klasyfikacji. Średnia szybkość reakcji dla malejących ziarn jest coraz większa, co należy tłumaczyć szybszym przebiegiem dyfuzji tlenu w obrębie powierzchni reakcyjnych wskutek wyższych różnic koncentracji. Ażeby więc proces utleniania następował szybko, musi być powietrze tak doprowadzone, by coraz nowe powierzchnie reakcyjne węgla były w styczności z tlenem, przyczem tworzące się produkty spalania powinny być usuwane; muszą więc zachodzić, jak wspomniano, ruchy względne. Jeżeli tych ruchów niema, wówczas utlenianie drogą dyfuzji odbywa się bardzo pomału i czas reakcji jest dłuższy. Wiadomo bowiem, iż szybkość dyfuzji zależy od spadku koncentracji tlenu w obrębie powierzchni reakcyjnej i temperatury, która zmienia cyfrę dyfuzyjną. Tem tłumaczy się fakt, iż lotny koksik, mający wysoką wartościowość powierzchniową (pięć razy większą, aniżeli węgiel orzech I), trudno jest spalić w komorze ogniowej. Ponieważ jest lekki i posuwa się w komorze szybkością równą szybkości powietrza, utlenianie drogą dyfuzji odbywa się wolno. Trzeba więc stosować specjalne wiry, by obok niego wywołać ruchy względne powietrza i w ten sposób uzyskać należytą koncentrację tlenu.

Na doprowadzanie powietrza przez wolny przekrój rusztu wpływa nietylko sposób zachowania się odgazowanego koksu ale również i popiół zawarty w węglu. Koksy różnie zachowują się; mogą spiekać się w plastry, mogą też być sypkie. Spiekające się koksy wymagają łamania i intensywnego nagrzewania warstwy przez odpowiednie ukształtowanie powierzchni promieniujących komory. Popiół zawarty w węglu może mięknąć już w stosunkowo niskich temperaturach i zasklepiać ciastowatą masą wolny przekrój rusztu. Doświadczenia z różnemi popiołami węgli dokonali Bunte i Baum. Z doświadczeń ich wynika, że dla popiołów należy znać nietylko temperaturę topliwości, ale również krzywą topliwości. Mięknący popiół na ruszcie utrudnia dopływ powietrza do spalenia i wogóle wypalanie koksu. Niska temperatura topliwości popiołu ogranicza temperaturę spalania w palenisku, gdyż stopiony popiół niszczy szamotową wykładzinę komór ogniowych, która wraz z żużlem z popiołu spływa po ścianach na ruszt i przykrywa jego użyteczną powierzchnię. Popioły naszych wegli topią się w temperaturach około 1350—1450°C.

Trzeba zaznaczyć, iż pewna zawartość popiołu w węglu jest konieczna dla ochrony rusztu przed wysokiemi temperaturami warstwy. Doświadczenia w tej sprawie dokonywali Reerink i Tanner. Wielki wpływ na temperaturę rusztów mają szybkości powietrza. Według ich doświadczeń wynika, że przy średniej szybkości powietrza 240 Nl/m^2 *sek*[1]) powiększenie ilości popiołu z 4% na 7% obniżało temperaturę rusztu z 900° na 800°C, zaś już przy szybkości powietrza 380 Nl/m^2 *sek* najwyższe temperatury rusztu dla każdej zawartości popiołu wynosiły około 700°C.

Prace Reerinka i Tannera miały na celu polepszenie własności popiołów niektórych gatunków węgli dla palenisk kotłowych.

Ogólne uwagi, dotyczące węgla i przebiegów chemicznych reakcji utleniania w paleniskach kotłowych wykazują, iż dla racjonalnego spalania konieczne są ruchy powietrza i gazów. Ruchy te bada specjalny dział wiedzy, t. z. „aerodynamika spalania".

(*d. n.*)

B. CHUDZYŃSKI, inż.

METODA WYKREŚLNA DLA OBLICZENIA PŁYTOWYCH CHŁODNIC LUB NAGRZEWNIC POWIETRZNYCH.

Obliczenie chłodnic lub nagrzewnic powietrznych o przymusowym obiegu i powietrza i gorących spalin daje się uskutecznić przy pomocy równań ilości ciepła na jednostkę czasu, która ma przejść od spalin do powietrza.

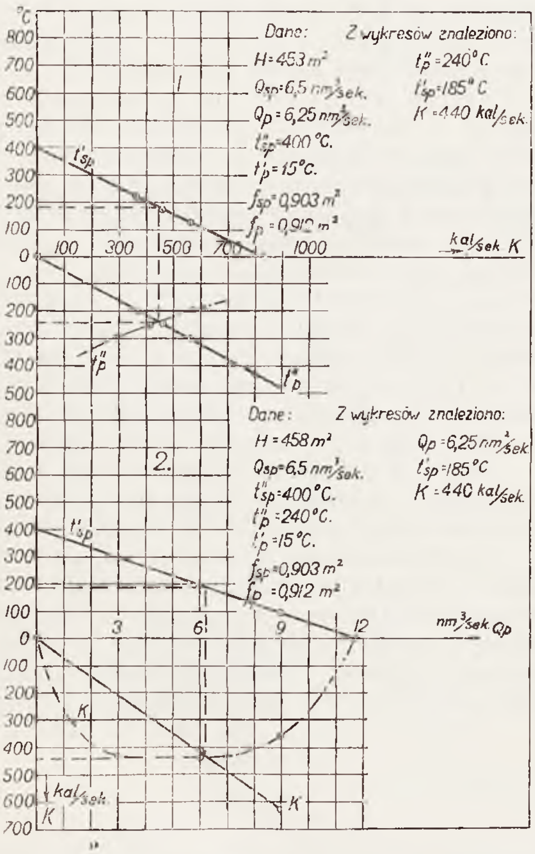
$$K = c_{sp} \times (t''_{sp} - t'_{sp}) \times Q_{sp} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{3600} k \times (t_{sr.\,sp.} - t_{p\acute{s}r}) \times F \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$K = c_p \times (t''_p - t'_p) \times Q_p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

[1]) *Nl* oznacza normalny litr powietrza o 0°C 760 *m/m Hg* ciśn. abs.

gdzie c_{sp} — ciepło właściwe spalin w kal/nm^3
c_p — ciepło właściwe powietrza kal/nm^3
t''_{sp} — temperatura gorących spalin w ^{0} C
t''_p — temperctura nagrzanego powietrza w ^{0}C
t'_{sp} — temperatura spalin po ochłodzeniu w ^{0}C
t'_p — temperatura chłodnego powietrza w ^{0}C
Q_{sp} — ilość spalin w nm^3/sek
Q_p — ilość chłodzonego, lub ogrzewanego powietrza w mm/sek.
k — współczynnik przejścia ciepła od spalin, przez ściankę do powietrza w $kal/godz$ na m^2 i ^{0}C (wzory dla k podano niżej).
$t_{śr.sp}$ — średnia temperatura spalin w aparacie w ^{0}C
$t_{śr.p}$ — średnia temperatura powietrza w apacie w ^{0}C
F — powierzchnia ogrzana od strony powietrza w m^2
K — ilość ciepła, która ma przejść od spalin do powietrza w kal/sek.



Rys. 1-2

Jeżeli w równaniach (1), (2) i (3) niewiadomą jest tylko powierzchnia ogrzana F, inne zaś wielkości są albo przepisane, albo przyjęte, obliczenie F daje się łatwo uskutecznić na drodze analitycznej.

Jeżeli natomiast dla istniejącej chłodnicy, czy nagrzewnicy, i dla przepisanej ilości gorących spalin Q_{sp}, o wiadomej początkowej temperaturze t''_{sp}, należy obliczyć końcową temperaturę powietrza t''_p, przy przepisanej ilości tegoż Q_p, najprościej jest uciec się do metody wykreślnej. Należy dla różnych przyjętych temperatur końcowych powietrza t''_p i dla przepisanej ilości powietrza Q_p obliczyć z równań (1) i (3) końcowe temperatury spalin t'_{sp}, odkładając jako odcięte (rys. 1), oddane do powietrza na 1 sekundę ilości ciepła K, jako rzędne zaś odpowiednie temperatury t'_{sp} i t''_p. Dla tejże ilości powietrza Q_p i dla tychże końcowych temperatur t''_p i t'_{sp} z równania (2) oblicza się odpowiednie ilości ciepła K, okładane, jako odcięte, jako rzędne zaś — temperatury końcowe powietrza t''_p. Otrzymana nowa krzywa t''_p w przecięciu z poprzednią, da poszukiwaną ilość ciepła K i końcową temperaturę powietrza t''_p, oraz końcową temperaturę spalin t'_{sp}.

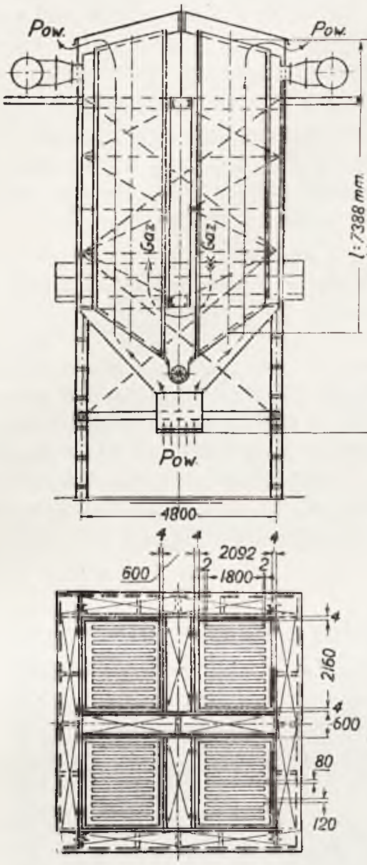
Jeżeli dla istniejącej nagrzewnicy, lub chłodnicy przepisana jest początkowa temperatura t''_{sp} i Q_{sp} w nm^3/sek, jak również końcowa temperatura powietrza t''_p, należy zaś określić niezbędną jego ilość Q_p w nm^3/sek, trzeba dla różnych przyjętych ilości powietrza Q_p, obliczyć z równania (3) (rys 2) odpowiednie ilości ciepła, które przeszło od spalin do powietrza, dla jednej i tej samej końcowej temperatury powietrza t''_p, która jest przepisana, oraz z równania (1) końcowe temperatury spalin t'_{sp}. Na osi odciętych odkłada się Q_p, jako rzędne zaś ilości ciepła K, oddane od powietrza do spalin, oraz odpowiednie końcowe temperatury spalin t'_{sp}. Dla tychże końcowych temperatur spalin t'_{sp} i stałej t''_{sp} oblicza się dalej z równania (2), ilości ciepła K, jako rzędne nowej krzywej $K = f(Q_p)$, dającej w przecięciu z poprzednią krzywą punkt „K" i jego odciętą „Q_p" oraz z krzywej temperatur $t_{sp} = f(Q_p)$, odpowiednią końcową temperaturę spalin t'_{sp}. Rys. 1 i rys. 2 ilustrują powyższe dwa obliczenia na przykładzie podgrzewacza powietrza o powierzchni ogrzanej $H = 458$ m^2, o płaszczyźnie przepływu powietrza $f_p = 0{,}912$ m^2 dla $Q_{sp} = 6{,}5$ nm^3/sek o temperaturze początkowej spalin $t''_{sp} = 400^0 C$, raz przy przepisanej ilości powietrza $Q_p = 6{,}25$ nm^3/sek i niewiadomej t''_p, natomiast na rys. 2 przy przepisowej $t''_p = 240$ ^{0}C i niewiadomej Q_p.

Rachunek jest bardziej złożony, gdy mamy do czynienia z chłodnicą gazów spalinowych zapomocą powietrza, poruszanego przez ciąg naturalny.

Na rys. 3 podany jest schematycznie ustrój chłodnicy gorących gazów spalinowych z pieca rotacyjnego, niosących tlenek cynku, w instalacji do wzbogacenia rudy cynkowej, podobnego ustroju chłodnica może znaleźć zastosowanie i w innych instalacjach przemysłowych, gdzie temperatura gazów musi być przed dalszym przerobem obniżona.

Gazy o temperaturze $t''_{sp} = 270$ ^{0}C, w ilości $Q_{sp} = 10{,}3$ nm^3/sek mają być ochłodzone do ok. $t'_{sp} = 130$ ^{0}C dla dalszego przerobu

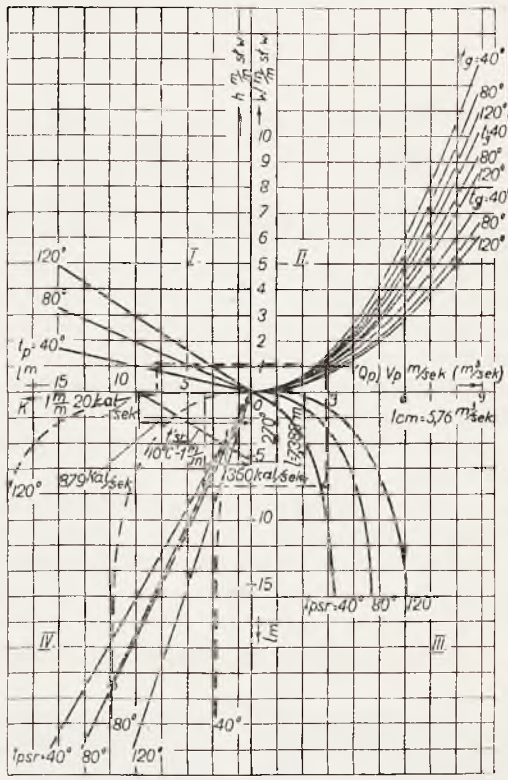
zapomocą powietrza atmosferycznego, przepływającego pionowo z dołu ku górze, pod wpływem ciągu naturalnego, przez płaskie kanały o wymiarach $a = 0{,}08\ m$ i $b = 1{,}8\ m$, między płytami żelaznemi grubości $\delta - 0{,}002\ m$.



Rys. 3

Ilość pionowych kanałów równa się $n = 40$, płaszczyzna przepływu powietrza $f_p = 5{,}76\ m^2$. Całkowita powierzchnia chłodzenia od strony powietrza: $F = 1110\ m^2$; gorące spaliny płyną wzdłuż drogi, wskazanej na schemacie, tak że płaszczyzna przepływu ich $f_{sp} = 6{,}034\ m^2$, a średnia szybkość przy średniej temperaturze spalin $t_{sp\acute{s}r} = \dfrac{270 + 130}{2} = 200\ {}^0C$ będzie $V_{sp\acute{s}r} = 2{,}96\ m/sek$. Należy określić rzeczywistą końcową temperaturę spali t_{sp}, przy podanej powierzchni chłodzenia $F = 1110\ m^2$ oraz końcową temperaturę powietrza t''_p, lub odwrotnie dla zadanej końcowej temperatury spalin t'_{sp} niezbędną powierzchnię chłodzoną aparatu, i w tym wypadku należy przyjąć płaszczyznę przepływu powietrza f_p i spalin f, przyjmując główne wymiary poziomego przekroju chłodnicy, to jest główne zewnętrzne wymiary skrzyni dla gorących gazów, oraz ilość „n" kanałów powietrznych i dwa główne wymiary kanału powietrznego „a" i „b", znaleźć natomiast trzeba niezbędną wysokość pionową kanału powietrznego „l", miarodajną dla wywołania niezbędnego ciągu „h". Rozwiązanie daje się i tu uzyskać najlepiej na drodze wykreślnej według rys. 4.

W I odcinku rys. 4 zbudowano dla 3-ch wielkości $l = 5$ m, $10\ m$ i $15\ m$ proste ciągu naturalnego „h" w kanałach powietrznych,



Rys. 4

dla trzech średnich temperatur powietrza $t_{\acute{s}rp} = 40\,{}^0$, $80\,{}^0$ i $120\,{}^0$ wg. równania

$$h = [(\gamma_o - \gamma_{\acute{s}r.p}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

gdzie $\gamma_o = 1{,}223\ kg/m^3$ jest wagą właściwą powietrza przy początkowej temperaturze $t'_p = 15^0$ C, $\gamma_{\acute{s}r.p}$ zaś wagą właściwą powietrza przy średniej jego temperaturze $t_{\acute{s}r.p}$.

W II odcinku rys. 4 dla 3-ch różnych średnich szybkości powietrza w kanałach chłodnicy $V_p = 3, 6, 9\ m/sek$ i dla 3-ch średnich temperatur tegoż $t_{\acute{s}r.p} = 40\,{}^0, 80\,{}^0, 120\,{}^0$ oraz dla 3-ch wysokości kanałów $l = 5, 10, 15\ m$ zbudowano 9 krzywych zużycia ciągu naturalnego W na:

1. Pokonanie oporów przepływu

$$W' = \lambda\ \frac{U_p}{f_p}\ l\ \frac{U^2_p}{2\,g}\ \gamma_{\acute{s}r.p} \quad . \quad . \quad (5)$$

gdzie współczynnik oporu:

$$\lambda = 0{,}079 \left(\frac{\eta}{V_p\ d\rho}\right)^{0{,}25} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

jest funkcją odwróconej „liczby Reinoldsa" „$\frac{V_p d}{\eta} \rho$" przyczem „lepkość powietrza" „η" jest funkcją temperatury wg. wzoru:

$$\eta = \eta_o \frac{\left(1 + \frac{C}{273}\right)\sqrt{\frac{T}{273}}}{1 + \frac{C}{T}} \, 0{,}0102 \quad . \quad (7)$$

gdzie oznaczają:

$\eta_o = 0{,}000166, \quad C = 114$ dla powietrza

T — średnia absolutna temperatura powietrza w kanałach.
W' — opór przepływu powietrza w *mm* sł. w.
λ — współczynnik oporu.
U_p — obwód kanałów przepływu powietrza $= 150{,}5\ m$
f_p — płaszczyzna przepływu powietrza $= 5{,}76\ m^2$
l — średnia długość kanałów powietrznych $= 7{,}388\ m$
$\gamma_{śr.p}$ — waga 1 m^3 powietrza, zależna od średniej temperatury jego,
η — lepkość powietrza, w technicznym systemie miar. w $\frac{kg\ .\ sek}{m^2}$
V_p — średnia szybkość powietrza w m/sek.

$$d = \frac{4\ f_p}{U_p} = 0{,}153$$

$$\rho = \frac{\gamma_{śr.p}}{g} = \text{masa } 1\ m^3 \text{ powietrza}$$

2. Napór dynamiczny powietrza:

$$W'' = \frac{V_p{}^2}{2\,g}\ \gamma_{śr.p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

wytwarzający jego szybkość.

Zużycie ciągu równa się więc:

$$W = W' + W'' = \frac{V_p{}^2}{2\,g}\ \gamma_{śr.p} \left(\lambda\ \frac{U_p}{f_p}\ l + 1\right) (9)$$

Krzywa $W = f\ (V_p)$ zbudowana, jako parabole, przez początek współrzędnych, na zasadzie obliczonego jednego punktu dla każdej krzywej. Wobec małej zmienności parametru „λ", krzywe dostatecznie blisko zbliżają się do paraboli.

Dalej z prostych odcinka I i krzywych odcinka II zbudowano 3 krzywe odcinka III: $V_p = f\ (l)$ dla 3-ch średnich temperatur powietrza $t_{śr.p} = 40^0$, 80^0 i 120^0. Jeżeli dla rzędnych tych krzywych przyjąć skalę: 1 cm = =5,76 gdzie 5,76 jest cyfrą określającą ilość metrów kwadratowych płaszczyzny przepływu powietrza przez chłodnię, to rzędne krzywych III odcinka dadzą również dla 3-ch średnich temperatur powietrza i 3-ch wysokości kanałów odpowiednie ilości przepływającego na sekundę powietrza chłodzącego Q_p.

W IV odcinku zbudowano dla 3-ch średnich temperatur powietrza, dla 3-ch wysokości kanałów (a więc i 3-ch wielkości powierzchni chłodzonej $F = U_p \times l$) i dla odpowiednich ilości przepływającego powietrza i szybkości tegoż — dwa pęczki krzywych:

1) Krzywe oddanego ciepła od spalin do powietrza „K", według równania (2), gdzie współczynnik przejścia ciepła od spalin do powietrza przez ściankę kanału:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{sp}} + \frac{1}{\alpha_p} + \frac{\delta}{\lambda}} \quad . \quad . \quad (10)$$

w kalorjach na godzinę, na m^2 pow. chłodzonej i na 1^0 C różnicy średnich temperatur gorących gazów i powietrza, gdzie α_{sp} jest współczynnik „konwekcji" ciepła między spalinami i ścianką, a α_p takiż współczynnik między ścianką i powietrzem

$$\alpha = 5{,}3 + 3{,}6\ V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

dla średnich szybkości „V" przepływu gazów lub powietrza mniejszych niż 5 m/sek.

$$\alpha = 6{,}14\ (V)^{0{,}78} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

dla średnich szybkości „V" większych niż 5 m/sek.
δ — grubość ścianki kanału $= 0{,}002\ m$.
λ — współczynnik przewodności ciepła, dla żelaza średnio $= 45$.

2) Krzywe oddanego ciepła od spalin do powietrza „K", według równania (3). Punkty przecięcia odpowiednich krzywych „K" dadzą punkty rzeczywiście oddanego ciepła „K", które to punkty leżą na krzywej rzeczywiście oddanych ilości ciepła od gazów do powietrza na sekundę.

W IV odcinku zbudowano również prostą końcowych temperatur spalin t'_{sp} obliczoną z równania (1).

Jeżeli dana jest powierzchnia chłodzona $F = 150{,}5 \times 7{,}388 = 1110\ m^2$, należy zaś znaleźć końcową temperaturę spalin t'_{sp}, wielkość $l = 7{,}388\ m$ odłożona jako odcięta na pionowej linji odciętych w IV odcinku, da jako rzędną, szukaną ilość oddanego ciepła $K = 360\ kal/sek$ i odpowiednią temperaturę końcową spalin $t'_{sp} = 160^0$ na prostej końcowych temperatur spalin. Jeżeli naodwrót zadana jest końcowa temperatura spalin np. $t'_{sp} = 160^0$ [1]), to na wykresie końcowych tem-

[1]) W rzeczywistości będzie $t'_{sp} \simeq 130^0$, jak przyjęto na początku obliczenia, wobec chłodzenia dodatkowego przez ścianki zewnętrzne chłodnicy, co obliczono.

peratur t''_{sp} znajdzie się odpowiednia odcięta $K = 360$ *kal/sek*, która w przecięciu z krzywą rzeczywiście oddanego ciepła „K” da odciętą $l = 7,388$ *m* wysokości kanału powietrznego, a tem samem i wielkość powierzchni chłodzonej aparatu $F = 150,5 \times 7,308 = 1110\ m^2$.

W obydwóch drogą extrapolacji można określić średnią temperaturę powietrza $t_{śr.p} = 46,5^0$, następnie zaś $t''_p = 78^0$ C i odpowiednie $Q_p = 16,7\ m^3/sek$ w końcu zaś po przez krzywe odcinka II również i wielkość ciągu naturalnego z odcinka I, który wynosi dla danego wypadku ok. $h = 1,1$ *mm* sł. w.

K. WĘCŁAWSKI, Inż.

WYPADEK DŹWIGOWY.

W jednym z domów mieszkalnych w Warszawie zaszedł następujący wypadek dźwigowy. Podczas jazdy kabiny do góry z pełnem obciążeniem 4 osób, nagle między piętrem I a II kabina się zatrzymała, a następnie ruszyła wdół, nabierając corazto większej szybkości aż wreszcie uderzyła o dno szybu. Jadący, dzięki jeszcze niezbyt wielkiej szybkości kabiny, nie odnieśli żadnych obrażeń i bez trudności wydostali się z kabiny, natomiast sama dźwigarka uległa poważnemu uszkodzeniu, rys. 1 i 2.



Rys. 1

Przedewszystkiem został zerwany kozioł łożyskowy bębna (rys. 1), a następnie złamana skrzynka przekładni ślimakowej przy płycie fundamentowej i zgięty wał ślimaka. Sama przekładnia ślimakowa nie nosi żadnych śladów uszkodzeń.

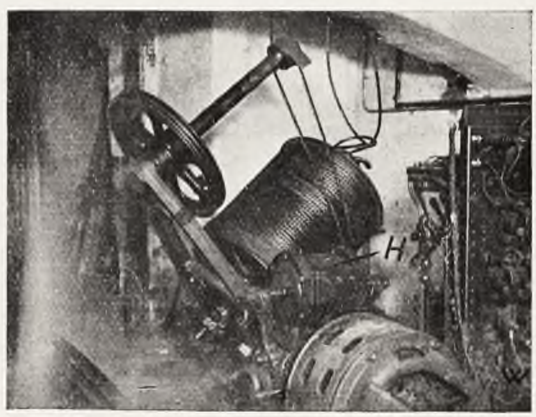
Szczegółowe oględziny dźwigarki pozwoliły stwierdzić następujące fakty:

1. Liny kabiny spadły z bębna i nawinęły się na wał bębna po stronie zerwanego kozła (rys. 3). Kierunek ich nawinięcia odpowiadał ruchowi bębna przy odwijaniu się lin przeciwwagi.

2. Liny przeciwwagi zostały z bębna częściowo odwinięte, tak że na bębnie pozostały tylko 3 zwoje tych lin, natomiast przeciwwaga znajdowała się w szybie w odległości 1,8 *m* od swego skrajnego położenia.

3. Liny, zarówno kabinowe jak przeciwwagowe, były naprężone i dociśnięte do sklepienia przez które przechodziły z maszynowni do szybu (rys. 4 p. 1 i 2).

Ponieważ badanie poszczególnych aparatów elektrycznych wykazało tylko zacinanie się hamulca (rys. 2 p. *H*), wskutek lepienia się rdzeni elektromagnesów pod działaniem szczątkowego magnetyzmu, przeto ta jedna okoliczność wydaje się prawdopodobną jako bezpośrednia przyczyna wypadku.



Rys. 2

Wychodząc z tego założenia można sobie przedstawić prawdopodobny przebieg wypadku w następujący sposób.

Podczas ruchu kabiny w górę z niewiadomej przyczyny nastąpiło wyłączenie prądu dzięki czemu kabina zatrzymała się, jednak w następnej chwili pod działaniem obciążenia jadących w niej osób, niezrównoważonego przeciwwagą, wskutek małej samohamowności przekładni ślimakowej i zacięcia się hamulca, ruszyła wdół i uderzyła o dolne sklepienie szybu. Oczywiście, szybkość opadania kabiny nie przekroczyła pewnej, ściśle określonej

szybkości, w przeciwnym bowiem razie zostałaby zatrzymana w prowadnicach przy pomocy aparatu chwytaczy, uruchamianego przez regulator szybkości.



Rys. 3

Szybkość opadania kabiny, dostrzeżona przez obsługującego dźwig, odpowiadała mniejwięcej normalnej zjazdowej. Fakt ten wskazuje na to, że zjazd kabiny odbywał się przy nieuszkodzonym bębnie ściągarki i na linach, znajdujących się w normalnem położeniu na bębnie. W chwili uderzenia kabiny o dno szybu liny jej nawinięte na bęben w ilości ok. 1,5 zwoja, obluzowały się i wypadły z rowków bębna. W tym momencie bęben, obciążony już tylko z jednej strony naciągiem lin przeciwwagi zaczął się obracać w kierunku odpowiadającym odwijaniu się ich z bębna (rys. 4), jak wskazuje strzałka na bębnie, podczas gdy liny kabiny, wyrzucone z normalnego toru, zaczęły nawijać się na wał bębna między bębnem a kozłem łożyskowym. Początkowo nawijanie ich było luźne, jednak po pewnej ilości obrotów bębna, gdy przeciwwaga dochodziła do swego dolnego położenia a liny kabinowe tak się już nawinęły na wał bębna, że się zaczęły naprężać, nastąpiła chwila, gdy liny kabiny zacisnęły się i wywarły tak znaczny nacisk na żeliwny kozioł, że ten pękł, wskutek czego jeden koniec wału bębna uniósł się do góry i wywołał pęknięcie skrzynki przekładni ślimakowej. W tej chwili spadły liny przeciwwagi z prowadzącej roli nad bębnem, nastąpiło skrzywienie wału ślimaka i zatrzymanie bębna.

Że liny kabinowe były naprężone bardzo krótko, a więc że kabina stała już na dnie szybu gdy liny spadły z bębna, tego dowodzi najwyżej półmetrowej długości ślad tynku na linach kabinowych, powstały podczas tarcia ich o obrzeże wycięcia w suficie. Również długość śladu na linach przeciwwagi nie przekracza 0,6 *m*.

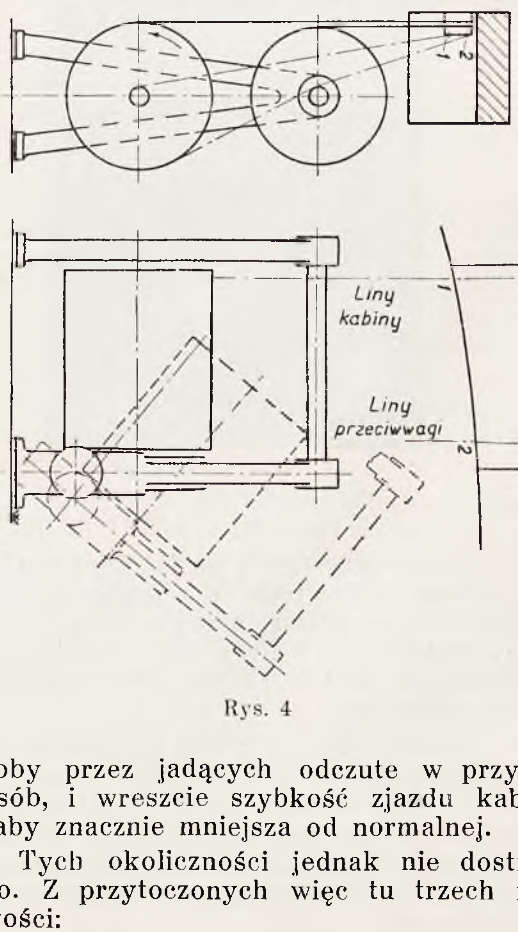
Inne, nasuwające się, przypuszczenia o przebiegu wypadku wydają się mniej prawdopodobne.

Można przyjąć za pewnik, że przed ostatnią jazdą kabiny do góry, liny jej były jeszcze na bębnie, gdyż kabina stała zupełnie dokładnie na poziomie parteru, natomiast szybkość jazdy kabiny była normalna, co byłoby niemożliwe w razie uprzedniego nawinięcia się tych lin na wał bębna.

Pozostaje jeszcze jedno przypuszczenie że w chwili ruszenia kabiny do góry liny kabiny, wskutek nieznanych powodów, zaczęły się nawijać na bębnie źle, dzięki czemu po 4 obrotach bębna spadły z niego (odpowiadałoby to położeniu kabiny w chwili zatrzymania się jej przed II piętrem). Wskutek wstrząsu dźwigarka stanęła, a następnie, jak to opisano wyżej, ruszyła wdół. Uszkodzenie kozła mogło tu nastąpić albo przed albo w czasie spadnięcia lin z bębna, lub wreszcie po opadnięciu kabiny na dno szybu.

Jednak przypuszczenie to nie ma uzasadnienia, gdyż gdyby kabina zjeżdżała wdół z linami na wale bębna to przedewszystkiem liny te tarłyby o brzeg szpary sufitu (rys. 4), a tymczasem ślady tarcia na nich nie są dłuższe od 0,5 *m*.

Pozatem spadnięcie lin z bębna wywołałoby opadnięcie kabiny conajmniej o 0,5 *m* co z pewnością wywołałoby zatrzymanie się kabiny na chwytaczach, a w każdym razie



Rys. 4

byłoby przez jadących odczute w przykry sposób, i wreszcie szybkość zjazdu kabiny byłaby znacznie mniejsza od normalnej.

Tych okoliczności jednak nie dostrzeżono. Z przytoczonych więc tu trzech możliwości:

1) zluzowania się lin kabiny i spadnięcia z bębna przy uderzeniu kabiny o dno szybu,

2) ruszenia kabiny do góry z linami, nawiniętemi na wał bębna,

3) spadnięcia lin podczas jazdy kabiny do góry,

pozostaje do przyjęcia za prawdopodobną alternatywa 1.

Należy wspomnieć, że dźwig ten miał już raz wypadek, będący jakby początkiem opisanego wyżej wypadku.

Dwa lata temu w podobnych okolicznościach opadła kabina na dno szybu, przytem liny kabiny spadły z bębna i zaczęły się nawijać na jego wał, lecz widocznie zacięcie się hamulca było znacznie krótsze, dzięki czemu nastąpiło w porę zatrzymanie się wciągarki, gdyż na wale znaleziono tylko 2 zwoje lin. Po tym wypadku elektromagnesy hamulca zostały przerobione w ten sposób, by nie zacinały się pod działaniem szczątkowego magnetyzmu, z czasem jednak dorobione mosiężne części rdzeni zużyły się i to spowodowało obecny wypadek.

KRONIKA TECHNICZNA.

Zasobnice parowe.

W ostatnich latach rozwoju techniki parowej jednem z najważniejszych zagadnień jest problem pokonywania obciążeń szczytowych, przyczem chodzi o rozwiązanie najtańsze, dające zupełną pewność ruchu oraz ekonomiczną pracę kotła.

Przy rozpatrywaniu tego zagadnienia należy wziąć pod uwagę zasadnicze czynniki, które mogą mieć wpływ na taki lub inny sposób jego rozwiązania. Są niemi przedewszystkiem rentowność, czas trwania obciążenia szczytowego oraz jego wielkość, elastyczność paleniska t. zn. zdolność dostosowania się paleniska do obciążenia kotła, oraz pojemność kotła pomiędzy najniższym i najwyższym poziomem wody.

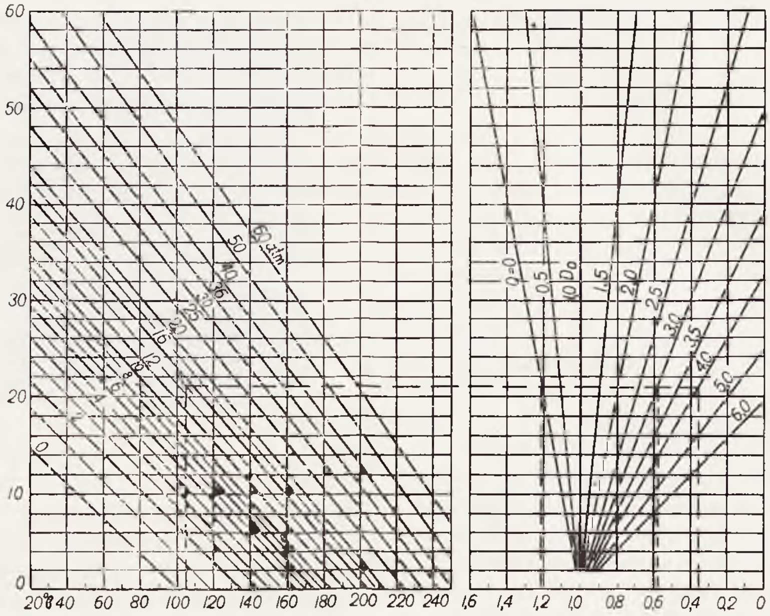
Krótkotrwałe przeciążenie może przejąć sam kocioł, co możemy osiągnąć przez zmniejszenie lub odcięcie zasilania — przyczem czas trwania przeciążenia zależy od konstrukcji kotła. Przy kotle wodnorurkowym czas ten jest krótszy — przy płomienicowym dłuższy. Dla kotłów wodnorurkowych czas ten wynosi około 10 min. — dla kotłów o dużej zawartości wody (Grossraumkessel) 20—40 min. Przy wielkich zmianach obciążenia, trwających cztery i więcej godzin zmuszeni będziemy uruchomić większą lub mniejszą ilość kotłów zapasowych. Pomiędzy temi granicami leżą przeciążenia trwające 1 — 3 godzin, dla których żaden z tych sposobów nie będzie wystarczający albo też ekonomiczny — dla tych zatem granic aktualne będzie zastosowanie albo odpowiedniego paleniska, które dałoby możność osiągnięcia szczytowego zapotrzebowania pary albo też zasobnicy, która dzięki zapasowi ciepła nagromadzonego w wodzie pozwala na pokrycie szczytu.

Biorąc pod uwagę zasadnicze rodzaje rusztów mechanicznych, a więc ruszty mechaniczne, łańcuchowe, Stoker oraz paleniska na pył węglowy — można powiedzieć, że zasadniczo każde z nich zdolne jest do rozwinięcia takiej sprawności, która pozwala na osiągnięcie nawet b. wysokich przeciążeń kotła. Według najnowszych niemieckich badań nad rusztami łańcuchowemi ostatnich konstrukcyj (Welther, Steinmüller, Weck) okazały się one zupełnie dostateczne pod względem łatwej regulacji oraz dostosowania się do obciążenia. Jeszcze w r. 1928 ustalono w elektrowni Gennevilliers, że ruszta łańcuchowe nadają się najlepiej dla obciążeń zmiennych — Stoker zaś dla szczytowych. Badania nad rusztami Steinmüllera przeprowadzone po roku 1928 wykazały, że kotły wyposażone w te ruszta, a zatem łańcuchowe — pracować mogą również jako kotły szczytowe, a pod względem szybkości odstawienia i uruchomienia ustępują tylko paleniskom na pył węglowy. Regulacja tych palenisk polega na zmianie posuwu, grubości warstwy i ciągu. Z badań tych jednak nie można wyciągnąć narazie żadnych wniosków co do zachowania się paleniska przez dłuższy czas, oraz komory paleniskowej, nie mówiąc już o samym kotle, dla którego częste zmiany temperatury i obciążenia są b. szkodliwe. Pozatem niektóre ruszty np. Stoker cierpią najbardziej w chwili odstawienia przeciążenia, gdy zmniejsza się chłodzenie powietrzem—podczas gdy temperatura w komorze jest jeszcze b. wysoka.

Paleniska na pył węglowy odznaczają się doskonałą regulacją w szerokich granicach — przyczem możemy zastosować przy nich dodatkowe palniki — oraz szybkiem dostosowaniem się do obciążenia. Nadają się one zatem b. dobrze do przejmowania szczytów — są jednak b. drogie i wszelkie urządzenia pomocnicze (młyny, suszarnie) obliczać musimy dla obciążeń szczytowych Przy częstych zmianach natężeń paleniska spodziewać się należy jeszcze większych niż zwykle trudności z komorą ogniową z powodu wahań temperatury.

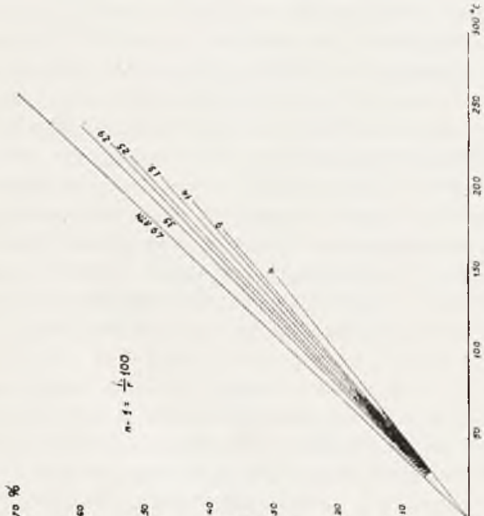
Z tych kilku uwag o przejmowaniu szczytów przez sam kocioł względnie palenisko — wynika, że liczyć się tu należy z przerwami ruchu — bądź to z powodu uszkodzenia samych rusztów, bądź też komory ogniowej. Prócz tego sama zdolność przejęcia szczytu przez palenisko nie świadczy o tem, aby w praktyce można je łatwo wykonać. Konieczną tu jest bowiem b. dobrze zorganizowana współpraca pomiędzy oddziałami konsumującemi parę, a kotłownią. Współpraca ta w niektórych gałęziach przemysłu da się przeprowadzić do pewnego stopnia jak np. w elektrowniach — w niektórych wypadkach jest to niemożliwe. W tym drugim wypadku mieć do czynienia będziemy ze skokami ciśnienia — przyczem wielkość spadków zależeć będzie od elastyczności paleniska. Dążeniem zaś obecnej techniki kotłowej jest utrzyma-

nie stałej równowagi między ciepłem doprowadzonem do kotła przez palenisko, a odebranem w parze. Każde zaburzenie tej równowagi doprowadzić musi do wzrostu względnie spadku ciśnienia.



Rys. 1 i 1 a

W wypadku niemożności względnie nierentowności ustawienia drogiego paleniska — obliczonego na obciążenie szczytowe—doprowadzamy dodatkowe ciepło nie z paleniska tylko w wodzie zasilającej: Uskuteczniamy to przez zastosowanie zasobnicy.



Rys. 2

Sam pomysł zasobnic nie jest nowy, gdyż przed kilkudziesięciu laty robiono już pierwsze próby (Halpin), mające na celu zrealizowanie myśli osiągnięcia równomiernego obciążenia kotła — niezależnie od odbioru pary. Idea ta jednak wówczas nie przyjęła się i dopiero obecnie wypływa znowu na widnokrąg. Stosowanie zasobnic ma na celu w pierwszym rzędzie zaoszczędzenie kapitału inwestycyjnego — przy każdej bowiem instalacji kotłowej musimy liczyć się z większemi lub mniejszemi obciążeniami szczytowemi. Kapitał zaś idący na urządzenia dla pokonania tych obciążeń amortyzuje się b. powoli z powodu krótkotrwałego wyzyskiwania ich w stosunku do dnia roboczego. Mając do pokonania obciążenie szczytowe — musielibyśmy zaprojektować kocioł o takiej zawartości wody pomiędzy najniższym i najwyższym poziomem wody, ażeby woda ta — przy zupełnem odciążeniu zasilania wzg. zmniejszeniu i przy największem natężeniu paleniska — wystarczyła na pokrycie szczytu. Takie jednak rozwiązanie będzie kosztowne i to tem kosztowniejsze im wyższe ciśnienie chcemy zastosować, gdyż ceny kotłów wzrastają z ciśnieniem.

Dla zdania sobie sprawy w jaki sposób zmieniać się będzie produkcja pary w zależności od zasilania — przy założeniu, że prowadzenie ognia nie ulega zmianie — przyjmijmy dla ogólnego przypadku, że zasilanie jest wielokrotnością odparowania. Zwykle bowiem produkcję pary dostosowuje się do zapotrzebowania — w czasie wielkiego odbioru pary zmniejszamy zasilanie, a nawet przerywamy.

Oznaczając przez „i" zawartość ciepła wody o ciśn. p
„i_x" „ „ wody zasilając. o temp. t_x
„r" ciepło parowania
„a" wielokrotność zasilania w stosunku od odparowania
„n" produkcja pary w kg.

otrzymamy $i - i_x + r = mi - mi_x + n\,r$

skąd $$n\,\% = \frac{i - i_x + r}{a\,(i - i_x) + r}\,100 \qquad (1)$$

Lewa strona tego równania przedstawia ilość ciepła, którą daje palenisko na odparowanie 1 *kg* wody o temp. t_x, która obecnie wystarczyć musi na ogrzewanie *m kg* wody o tejże temperaturze początkowej t_x oraz na odparowanie *m kg*.

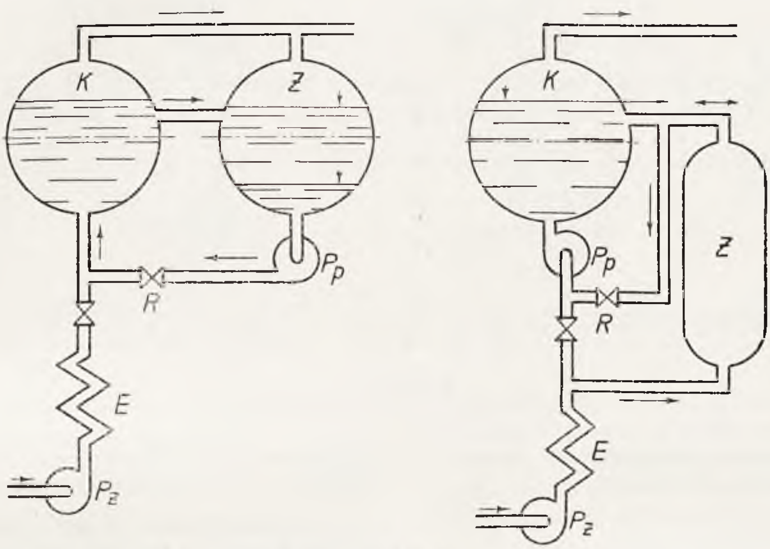
Dla zasilania równego zapotrzebowaniu czyli $a = 1$ otrzymujemy $n = 1$; wrazie zupełnego przerwania zasilania $a = o$ otrzymamy:

$$n = \left(\frac{i - i_x}{r} + 1 \right) 100\,\% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Dla konkretnego przypadku przy temp. wody zasilającej 100°C ciśn. 12 *atm* ($r = 474{,}1$; $i = 193{,}4$; $i_x = t_x = 100$) otrzymamy przy przerwaniu zasilania wzrost odparowania o 19,7. Przy trzykrotnem zasilaniu będziemy mieli natomiast spadek o 60,6%.

Na wykresie (rys. 1 i 1a) przedstawione są wartości „n" w zależności od ciśnienia, temperatury wody zasilającej i zasilania.

Co do samego charakteru pracy zasobnic, to można je podzielić zasadniczo na dwie grupy. Do jednej zaliczyć można te zasobnice, które pracują przy zmiennem ciśnieniu (Ruths), druga grupa to zasobnice wody zasilającej, pracujące bez spadku ciśnienia, których praca polega tylko na akumulowaniu ciepła podczas małego obciążenia i oddawaniu go przy dużem. Zasobnice pierwszego rodzaju składają się ze zbiornika napełnionego 80%—90% wodą. Wodę tę zawartą w zbiorniku ogrzewamy parą wprost — przyczem para skraplając się oddaje swe ciepło parowania wodzie. W miarę dopływu pary będziemy mieli wzrost temperatury wody oraz ciśnienia. Granicą naładowania zasobnicy jest równowaga między temperaturą pary ogrzewniczej,



Rys. 3 i 4

a temperaturą wody. W razie spadku ciśnienia—zatem przez otwarcie zaworu na rurociągu odbiorczym równowaga zostaje zachwiana — wskutek czego następuje odparowanie wody. Praca tych zasobnic wymaga specjalnych turbin, pracujących na obciążenie szczytowe.

W drugim rodzaju zasobnic mamy różne rozwiązania. Różnice polegają tu na sposobie ogrzewania wody. Starszy typ tych zasobnic zużywa do ogrzewania wody ciepło pobierane z paleniska kotła — drugi nowy typ pracuje ciepłem pary świeżej względnie pary, która wykonała już pewną pracę.

Zasobnice pierwszego typu (rys. 3) pracują w ten sposób, że w czasie małego obciążenia woda z kotła spływa do zasobnicy — pompa przetłokowa przetłacza wciąż wodę przez kocioł, tak że temperatura wody coraz to bardziej wzrasta, przyczem może ona wzrosnąć aż do temperatury nasycenia. Zasobnica bowiem dla łatwiejszego przetłoczenia połączona jest z przestrzenią parową kotła wskutek czego pompa ma do pokonania tylko niewielką wysokość tłoczenia i opory przewodów. W razie większego zapotrzebowania pary odstawia się pompę zasilającą normalnie — a kocioł zasila się teraz tylko wodą z zasobnicy.

Wielką wadą takiej instalacji jest to, że przy dłuższem odłączeniu zasilania w podgrzewaczu może rozpocząć się parowanie. Pozatem przepływ pary przez

Zależność (2) wydać się może niejasną, gdyż daje tem mniejszy wzrost odparowania im większą jest temperatura wody zasilającej. Przy odciążeniu zasilania będziemy mieli w istocie tem mniejszy przyrost odparowania, im mniejsza jest różnica między „i" a „i_x". Zasilając kocioł wodą o temperaturze nasycenia wrazie zamknięcia zasilania nie będziemy mieli żadnego wzrostu odparowania.

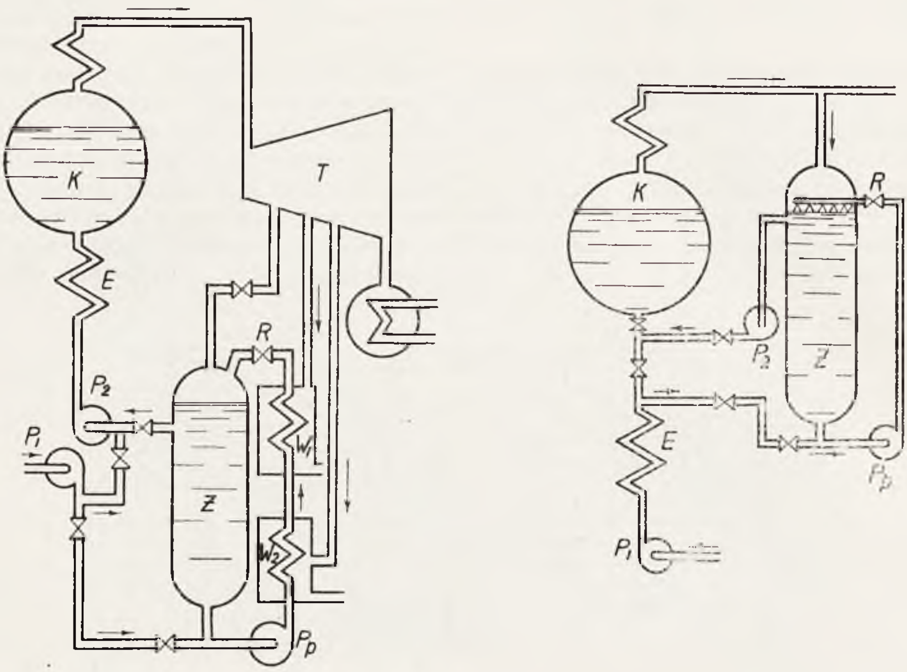
Z wykresu powyższego można również odczytać, o ile zmienia się odparowalność kotła przy zasilaniu wodą o różnych temperaturach. Ponieważ przy takim układzie wychodzi to niezbyt jasno — dlatego zależności te przedstawiono na wykresie (rys. 2). Procentowy wzrost odparowania odniesiony jest tu do 0°C zatem $i + r = i - i_x + n\,r$

$$n\,\% = \frac{i_x}{r} + 1$$

Dla 12 *atm* otrzymamy dla wody o 100°C, $n - 1 = 21\,\%$; dla 150°C — 31,6% czyli w porównaniu do 100°C wzrost odparowania wyniesie 9,2%.

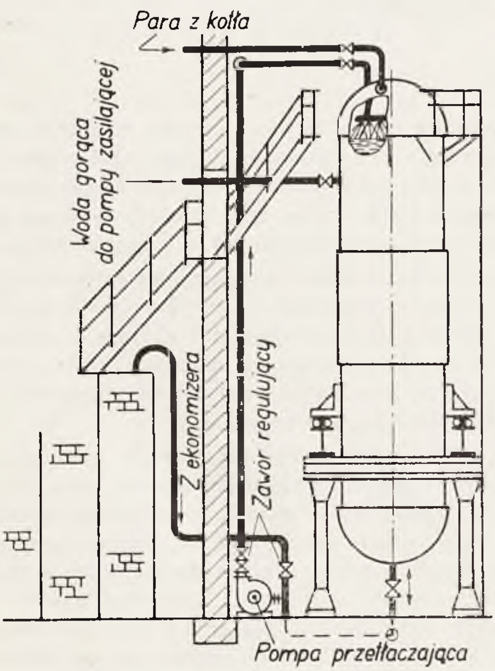
Wszystkie powyżej podane wzory i wykresy odnoszą się również do zasobnic. Zasobnica bowiem jest niczem innem jak tylko przedłużeniem zapasu wody kotła — zainstalowanie jej daje tylko możność utrzymania większego odparowania przez dłuższy czas.

przegrzewacz nie jest stały — wskutek czego temp. pary przegrzanej spada przy wielkiem zapotrzebowaniu,



Rys. 5 i 6

przy małem zaś można spalić przegrzewacz — natężenie ognia bowiem jest stale takie same.



Rys. 7

Prawie stały przepływ wody przez podgrzewacz otrzymujemy przy zasobnicy (rys. 4). Przy ładowaniu zasobnicy, gorącą wodę doprowadza się z góry, a zimną pobiera z dołu.

Przy wyładowaniu mamy przebieg odwrotny — pompa tłoczy gorącą wodę do kotła — woda zaś o niższej temperaturze z podgrzewacza napełnia zasobnicę od dołu.

Jak wspomniano wyżej, zasobnice te pociągają za sobą zmiany w temperaturze przegrzania pary, co może mieć bardzo przykre skutki dla maszyn z powodu ewentualnej zawartości wilgotności w parze, która powstaje przy włączaniu zasobnicy. Dlatego też wszystkie nowsze urządzenia zasobnic są zainstalowane poza obrębem kotła, tak że nie mają one zupełnie wpływu na temperatury panujące w przegrzewaczu (rys. 5). Podgrzewanie wody odbywa się tu zapomocą pary z kotła. W razie małego obciążenia nadmiar pary idzie do zasobnicy, gdzie skraplając się oddaje swe ciepło wodzie. Przy przeciążeniu dopływ pary do zasobnicy zamyka się — z zasobnicy zaś tłoczy się gorącą wodę do kotła. Pomijając niewielkie straty w zasobnicy, można powiedzieć, że kocioł może wytworzyć o tyle więcej pary ile zużyto jej do ogrzewania wody. Zasobnica jest stale napełniona wodą do tego samego poziomu — w stanie naładowanym gorącą wodą — w rozładowanym zimną. Cały więc sposób utrzymania równego obciążenia kotła polega na podziale pary wytworzonej przez kocioł w zależności od obciążenia. Parę skierowujemy albo całkowicie na maszyny, albo też częściowo na maszyny, częściowo zaś do zasobnicy.

Wodę z zasobnicy można również podgrzewać zapomocą pary, która wykonała już pewną pracę (regeneracja) (rys. 6). Jak z powyższych schematów wynika, urządzenie zasobnicze jest bardzo proste — da się ono wbudować do każdej istniejącej instalacji. Zasobnica połączona jest tylko dwoma przewodami wodnemi i jednym parowym. Przy wysokich ciśnieniach w kotle,

zasobnica może być zbudowana na ciśnienie niższe aniżeli kocioł.

Rys. 7 przedstawia schemat samej zasobnicy.

Ogólne rozpatrywanie celowości i korzyści jakie mogą dać zasobnice jest trudne. Należy je traktować dla każdego wypadku indywidualnie, gdyż zasobnicom mogą być dane do spełnienia różne zadania, w zależności od tego w jakiej gałęzi przemysłu ma ona pracować; inne zadanie mieć będzie np. w elektrowni i inne np. we farbiarni.

E. Mandybur, inż.

POLSKIE NORMY TECHNICZNE.

Polski Komitet Normalizacyjny przy Ministerstwie Przemysłu i Handlu podaje do wiadomości wszystkich zainteresowanych, iż ukazała się między innemi w druku, uchwalona przez plenarne posiedzenie Komitetu w dniu 3 grudnia 1934 r.

POLSKA NORMA

R—201 Turbiny parowe. Normy odbiorcze.

(Broszura. Cena 3 zł.).

Norma powyższa jest do nabycia w Biurze Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (Warszawa, Elektoralna 2).

PRZEGLĄD WYTWÓRCZOŚCI.

Główne zasady podgrzewania i unieruchamiania palenisk kotłów parowych.

(Feuerungstechnik 1933/10)

Obmurowane na nowo kotły parowe, paleniska, piece przemysłowe i t. d., należy przed ich uruchomieniem według pewnych zasad podsuszać, a następnie gruntownie wysuszać. Do podgrzewania i uruchamiania można przystąpić dopiero po całkowitem ich wysuszeniu. Dotyczy to również zespołów, które były przez czas dłuższy unieruchomione, gdyż mury pozbawione zupełnie wilgoci, wchłaniają ją chętnie z powietrza aż do nasycenia.

Kto miał sposobność przyglądania się obmurowywaniu kotłów, palenisk i t.p., ten wie, jak olbrzymie ilości wody dostają się przytem do murów. Jasnem jest, że mur gruby nieraz na $1m$, przez naturalny proces schnięcia wody tej w całości nie odda, oraz że woda ta przy nieprawidłowem podgrzewaniu łatwo się może zamienić w parę i rozsadzić obmurowanie. Rysy w murach i odpryski, przeważnie w miejscach eksponowanych, jak w przewałach ogniowych i t. p., powstają, jak doświadczenie uczy, stale przy uruchamianiu. Można ich jednak uniknąć, jeśli uruchamianie wzgl. unieruchamianie danych zespołów następuje ostrożnie. Zasadą przy tem jest: Im ostrożniej i dłużej trwa uruchamianie (przy starych kotłach dotyczy to również unieruchamiania), tem mniejszym podlega uszkodzeniom obmurze i tem większą nabywa trwałość. Cegły z odpryskami łatwiej ulegają atakom żużla, niż powierzchnia gładka i ścisła, powstała przez prasowanie cegieł. Uszkodzenia muru, powstałe wkrótce po uruchomieniu, spowodowane są prawie-że bez wyjątku niedostatecznem suszeniem przedwstępnem, znacznie rzad iej zaś nieodpowiedniem wykonaniem obmurowania. Możliwość przerzucenia kosztów tych na wykonywującego te prace, na podstawie jakichś zobowiązań gwarancyjnych, wydaje się wątpliwa, jeśli dany przedsiębiorca nie przeprowadza również i podgrzewania.

Z biegiem lat ustaliły się jednak pewne zasady, przy których przestrzeganiu uruchamianie danych urządzeń naogół można przeprowadzać bez uszkodzeń. Zasadą przy wysuszaniu, oraz następującem podgrzewaniu jest:

Na początku: słaby ogień — dużo powietrza—ciąg średni.

Na końcu: silny ogień — ilość powietrza normalna — ciąg słaby.

	Słaby ogień z drzewa, wszystkie klapy zamknięte, drzwiczki paleniska zamknięte zasuwa 1/3 otwarta, ruszta tylko 1/2 pokryte.	Silniejszy ogień z drzewa, ruszta w całości pokryte zasuwa 1/2 otwarta.	Ogień wzmocnić dodaniem węgla, klapy zamknąć, zasuwę otworzyć.
Kotły płomienicowe do $50m^2$	dzień 1 – 4	dzień 5 – 7	dzień 8—10
Kotły płomienicowe ponad $50m^2$	„ 1 — 5	„ 6 — 10	„ 11—14
Kotły dwupłomienicowe	„ 1 — 5	6 — 12	„ 13—16
Kotły stromo- i wodno-rurkowe do $300m^2$	„ 1 — 6	„ 7 — 14	„ 15—18
Kotły stromo- i wodno rurkowe ponad $300m^2$	„ 1 — 6	„ 7 — 15	„ 16–21

Z powyższej tabeli wynika normalny czas suszenia oraz podgrzewania, aż do całkowitego uruchomienia. W ostatnim dniu należy ogień wzmocnić aż do pełnego uruchomienia Dla kotłów, które już były w ruchu, lecz potem przez dłuższy czas stały unieruchomione, można czasy powyższe skrócić do połowy. Dla palenisk nowych, wbudowanych w stare kotły unieruchomione, miarodajne są liczby wyżej podane.

Pozatem należy zważać na następujące punkty:

1. Kotły należy napełniać wodą znacznie ponad stan normalny.

2. Woda nie powinna opaść w czasie podgrzewania poniżej stanu normalnego. Stan wody należy obserwować.

3. Wytwarzaniu się pary należy zapobiegać. Zawór bezpieczeństwa oraz zbiornik pary, względnie jakiś najwyższy otwór kotła trzymać otwarty.

4. Zakotwienia początkowo przyciągać niezbyt silnie. Powinno to nastąpić dopiero po podgrzaniu kotła.

5. Mury palenisk nie powinny się w czasie podgrzewania rozżarzać.

6. Przy kotłach z podgrzewaczami powietrza i wody należy przez częste przekładanie klap i zasuw ostrożnie przepuszczać przez nie spaliny.

7. Jeśli się ma do wysuszania ilość czasu dostateczną, należy palić tylko w dzień, wieczorem nakładać paliwo, zasuwę zaś tylko przymykać, nie zamykając jej całkowicie.

8. W razie konieczności szybkiego uruchomienia można palić dniem i nocą, czasy zaś, podane w tabeli, można w tych wypadkach skracać o 1/3. Zaleca się jednak palenie tylko w dzień i stosowanie pełnych czasów.

Przy unieruchamianiu kotłów parowych, oraz innych pieców, należy postępować w myśl następujących zasad:

a) Baczyć, by ogień sam wolno wygasł,

b) Mury powinny ostygać wolno. Zasuwy, drzwiczki i klapy otwierać stopniowo. Kocioł i mury narażone są przy nagłym napływie zimnego powietrza na niebezpieczeństwo i ulegają uszkodzeniom,

c) Żużel z murów usuwać należy w stanie rozżarzonym. Przez odbijanie żużla już ostygłego mury ulegają uszkodzeniu, a trwałość ich zmniejsza się.

d) Do gaszenia ognia pod żadnyn warunkiem nie używać wody lub pary. Zniszczenie obmurowania oraz części rusztów byłoby niechybnem następstwem.

e) Opróżnienie kotła może nastąpić dopiero po zupełnem usunięciu ognia i ochłodzeniu się murów.

f) Zwiedzanie kanałów ogniowych po unieruchomieniu kotła odbywać się może tylko przy zachowaniu wszelkich środków ostrożności, mury muszą być przytem zupełnie ostudzone a wszystkie klapy i zasuwy otwarte.

Przy zachowaniu powyżej podanych przepisów uniknie się nietylko wysokich kosztów reperacyj, lecz również wydatków, połączonych zwykle z częstem unieruchamianiem kotłów.
